

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-192909

⑭ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 02 B 7/11

識別記号

庁内整理番号  
6418-2H

⑬ 公開 昭和57年(1982)11月27日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑭ 光学系拡大観察装置の自動焦点合せ装置

株式会社日立製作所生産技術研究  
所内

⑮ 特 願 昭56-78096  
⑯ 出 願 昭56(1981)5月25日  
⑰ 発 明 者 秋山伸幸  
横浜市戸塚区吉田町292番地株  
式会社日立製作所生産技術研究  
所内  
⑱ 発 明 者 大島良正  
横浜市戸塚区吉田町292番地株

⑲ 発 明 者 小泉光義  
横浜市戸塚区吉田町292番地株  
式会社日立製作所生産技術研究  
所内  
⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所  
東京都千代田区丸の内1丁目5  
番1号  
㉑ 代 理 人 弁理士 薄田利幸

明 細 書

- 1 発明の名称 光学系拡大観察装置の自動焦点  
合せ装置
- 2 特許請求の範囲
  - (1) 光学系拡大観察装置の観察光路の対物レン  
ズの上から該光路にレーザ光を導入し、試  
料面からの反射光を該光路より分岐して取出  
し、該反射光を光電素子にて検出し、その出  
力に基づいて試料面を該対物レンズの焦点位  
置に自動的に移動させると共に、反射光の一  
部を反射光光路より分岐して取出し、その出  
力を検出する第2の光電素子及びレーザ光の  
出力を検知する手段を設け、該レーザ光出力  
検知手段よりの出力に予め計算された係数を  
乗じて増幅又は減衰して、試料面からの反射  
光と共に前記の第2の光電素子に入力される  
其他の反射光入力値に換算し、この換算出力  
を第2の光電素子の出力より差引き、第2の  
光電素子よりの出力を試料面からの反射光成  
分のみとし、この減算出力をレーザ光発生装

置の制御手段に入力し、該減算出力が一定に  
なるようにレーザ光の出力を制御するように  
してあることを特徴とする光学系拡大観察装  
置の自動焦点合せ装置。

- (2) 前記レーザ光が半導体レーザ光である特許  
請求の範囲第1項の装置。
- (3) 前記レーザ光出力検知手段が、前記観察光  
路へのレーザ光の入射光路よりレーザ光を分  
岐して取出し、該分岐レーザ光を検出する第  
3の光電素子である特許請求の範囲第1項又  
は第2項の装置。
- (4) 前記レーザ光出力検知手段が、レーザ光発  
生装置の前記レーザ光と反対側より発生する  
レーザ光を検出する第3の光電素子である特  
許請求の範囲第2項の装置。
- (5) 前記レーザ光出力検知手段が、半導体レー  
ザ光発生装置への印加電圧そのものを増幅又  
は減衰する手段へ導入する回路である特許請  
求の範囲第2項の装置。

3 発明の詳細な説明

本発明は顕微鏡による高集積LSI等の微細パターンの拡大観察装置等の光学系拡大観察装置の自動焦点合せ装置に関するものである。

高集積LSI、バブルメモリ、映像管面板等は2~3 $\mu$ mの微細パターンを有するため、これらの部品の外観検査には高倍率の顕微鏡が使用される。高倍率の顕微鏡の焦点深度は1 $\mu$ m以下であり、精密な自動焦点合せが要求される。

従来より用いられている微細パターンの光学系拡大観察装置の焦点合せの原理を第1図に基づいて説明する。

第1図においては、観察系を省略してあるが第1図における観察系を強いて述べるならば対物レンズ6を通して試料表面4又は5に可視光を投射しその反射光を受入れる観察系(所要の半透鏡等を必要とする。)があると承知しておけばよい。

この例においては、焦点合せのためにレーザ光1が導入される。レーザ光1は凹レンズ2により拡げられ、半透鏡3で反射し、対物レンズ6

で集光させられ、合焦点時の試料表面4に微小スポットを形成する。この面からの反射光7は、再び対物レンズ6を通り、半透鏡3を透過し点14に集光する。点14の位置(従って試料表面4の位置。)を検出する為に、ピンホール9を有するピンホール板8及び光電素子10が設けられている。ピンホール板8は上下方向(X方向11)に振動するようにしてある。従って、第1図に示すように試料表面4からの反射光がピンホール板8のピンホール9内に集光している(集光点が14である)時には、第2図(4)に示すようにピンホール板8が反射光の集光位置18を中心として上下( $\pm$ 軸方向)に振動していることにより、光電素子10の出力を $\pm$ 軸について、点18を中心とした山形波形17となる。

第1図に示すように、試料表面が4の位置よりZ(13)だけ変位し5の位置になった場合は、その反射光は12となり点15に集光する。従って、ピンホール板8を点15の位置まで移動するとき(その位置を第2図で19で示す。)は、光電素

子10の出力は $\pm$ 軸について点19を中心とした山形波形となる。第2図における縦軸16のP値は光電素子の出力を示している。

従って、ピンホール板8が18の位置にて振動しているとき、試料表面が4の位置にあるときは、前述のように(第2図Aに示すように。)  $\pm$ -Z座標で、18の位置を中心とする光電素子10の出力が山形(第2図BでIで示す。)となるが、試料表面が焦点位置に一致していないときは、第2図(6)に示すようにII, III, II', III'のような中心が18の位置よりずれた出力波形が得られる。IIIが第2図(4)における点19を中心とする山形波形に相当する。即ち、II, IIIは試料表面が合焦点位置より次第に遠ざかった場合の光電素子10の出力波形を、II', III'は近づいた場合のものを示している。よって、18の位置にて光電素子10の出力P(16)が最大になるように、試料面を移動させることにより、試料面を対物レンズ6の焦点位置に合せることができる。

以上の原理を用いる従来の装置を第3図に基

づいて説明する。拡大観察系は太矢印経路であり、これらの部材は図示してない。レーザ光として半導体レーザ光が用いられ、半導体レーザ光発生器を符号20で示す。発生器20からのレーザ光は凸レンズ21で集光され、凹レンズ22で拡大され、偏光ビームスプリッタ23、4分の1波長板24を通り、反射鏡25で反射され、対物レンズ26で集光され、試料27上にレーザスポット28を形成する。試料27からの反射光は、再度対物レンズ26で集められ、反射鏡21、4分の1波長板24を通り、偏光ビームスプリッタ23で直角に曲げられ、凹レンズ29、ビームスプリッタ30を通り、集光レンズ31で集光されてレーザスポットを形成する。ピンホール32を有する板を振動させて、ピンホール32を通過する光を光電素子33で検出する。

$\pm$ 軸34にピンホールの振動変位 $\pm$ をとり、縦軸35に光電素子33の出力をとって表示すると36の如き電気信号になるので、ピンホールの振動中心に光電素子33の最大出力値がくるように試

料27を上下することにより焦点合せを行っている。

このような観察装置においては、光学系の焦点を合せて試料を観察する必要があると共に、常に焦点を自動的に合せておいて試料の観察部位をかえて、即ち試料を横移動させて観察することが必要である。自動焦点合せを行いながら試料27を移動する方向を第3図で符号37(第1図で符号20)で示してある。試料27を方向37に移動すると、当然のことながら試料27上のパターン38も移動する。パターン38の反射率は場所によって異なるので、試料27の移動に伴って反射光の強さも変化する。ピンホール32が $\phi$ 軸方向に振動している間に反射光の強さが変化する、光電素子33の出力は符号39で示すような波形となり波形の中心位置を求めることはできない。焦点位置合せを行うためには、試料27面から反射する反射光の強さが一定であることが必要である。

本発明者等はこの反射光の強さを一定にする

と45の和が一定になるように制御されている。一方、自動焦点合せに使用する反射光は45だけであり、ピンホール32を通過し光電素子33に到着する反射光も反射光45の一部である46だけである。従って、試料の反射率が変化しても、試料からの反射光45の強さが常に一定になるように制御しなくてはならない。然るに、上記した制御方式では反射光45の強さを一定に保つことはできず、第3図における符号36のような山形波形を得ることはできない。

本発明の目的は、上記した従来技術の欠点をなくし、試料からの反射光を一定に保つことにより、反射率の異なるパターンが混在するような試料の場合でも正しく自動焦点合せを行うことができる光学系拡大観察装置の自動焦点合せ装置を提供するにある。

本発明による光学系拡大観察装置の自動焦点合せ装置は、光学系拡大観察装置の観察光路の対物レンズの上方から該光路にレーザ光を導入し、試料面からの反射光を該光路より分岐して

方法を既に提案し、特願昭55-140610号として特許出願している。該方法においては、第3図の反射光光路にビームスリット30を設け、試料からの反射光の一部を分岐し、集光レンズ40で集光し、光電素子41で検出し、この値を制御回路42を介して半導体レーザ発生装置20にフィードバックして、光電素子41の出力が常に一定になるように半導体レーザ発生装置20を制御している。これにより、ピンホール32移動中に試料27の反射率が変化しても、反射光の強さは常に一定となるので、光電素子33の出力波形は符号36のようになり、中心位置を求め、これをピンホール32の振動中心にもつてくることができる。

しかしながら、該方法には次のような欠点がある。即ち、第4図に示すように、半導体レーザ発生装置20からの射出光43により、対物レンズ26よりの反射光44と、試料表面よりの反射光45が生ずる。光電素子41には反射光44と45の一部である46と47が両方共に入射する。即ち、上記方法では、半導体レーザ発生装置20は、反射光44

取出し、該反射光を光電素子にて検出し、その出力に基づいて試料面を該対物レンズの焦点位置に自動的に移動させると共に、反射光の一部を反射光光路より分岐して取出し、その出力を検出する第2の光電素子及びレーザ光の出力を検知する手段を設け、該レーザ光出力検知手段よりの出力に予め計算された係数を乗じて増幅又は減衰して、試料面からの反射光と共に前記の第2の光電素子に入力される他の反射光入力値に換算し、この換算出力を第2の光電素子の出力より差引き、第2の光電素子よりの出力を試料面からの反射光成分のみとし、この減算出力をレーザ光発生装置の制御手段に入力し、この減算出力が一定になるようにレーザ光の出力を制御するようにしてあることを特徴とする装置である。

本発明の装置における好ましい一態様においては前記レーザ光が半導体レーザ光である。

本発明の装置における前記のレーザ光出力検知手段の実施態様として次の3つがあげられる

- (1) 前記観察光路へのレーザ光の入射光路よりレーザ光を分岐して取出し、該分岐レーザ光を検出する第3の光電素子。
- (2) 半導体レーザ光発生装置の前記レーザ光と反対側より発生するレーザ光を検出する第3の光電素子。
- (3) 半導体レーザ光発生装置への印加電圧そのものを増幅又は減衰する手段へ導入する回路  
前述のように、第4図において、光電素子41には対物レンズ26よりの反射光44の一部の46と試料表面よりの反射光45の一部の47が入射するので、その出力から対物レンズよりの反射光の一部の46による光電素子41の出力を差引き、残りの部分、即ち試料面よりの反射光の一部の47による光電素子41の出力、が一定になるように半導体レーザ光の出力を制御すれば良い。

ここで、46による光電素子41の出力の求め方を説明する。46は反射光44の一部であるので、反射光44を求めればよい。一方反射光44はレーザ射出光の強さ43に比例するので、結局43を求

めれば、対物レンズ26の反射光44の一部46を求めることができ、その結果、試料反射光の一部47を求めることが出来る。

次に、本発明の具体的実施例を第5図に基づいて説明する。前述のように、本発明の装置の主要な特徴は、試料面からの反射光の強さが一定になるようにレーザ光の出力を制御するところにあるので、その他の為の構成は、第1, 3図等示した従来の装置と何等変えることはない。この実施例においては、第3図に示した従来の装置に本発明の特徴とする構成を付加したものを示してある。従って第3図と同一個所の重ねての説明は省略する。

半導体レーザ光発生装置20からの射出光43は、偏光ビームスプリッタ23により一部反射させられ、その反射光49は第3の光電素子50に入力される。光電素子50よりの出力を $V_a$ とする。

一方、第2の光電素子41は対物レンズ反射光の一部46と試料反射光の一部47を検出しており、各々の出力を $V_b, V_c$ とする。光電素子41から実

際に得られる出力は $V_b+V_c$ である。

光電素子50よりの出力を増幅器51に入力し、増幅器51の増幅度を $V_b/V_a$ とすれば、増幅器51の出力 $V_d$ は次のように $V_b$ となる。

$$V_d = \frac{V_b}{V_a} \times V_a = V_b$$

この増幅器51よりの出力 $V_d=V_b$ と、第2の光電素子41よりの出力 $V_b+V_c$ は差動増幅器52に入力されるので、その出力は $V_c$ となる。 $V_c$ と一定電圧値 $V_e$ を差動増幅器53に入力し、その出力により半導体レーザ光発生器20の入力を制御する。これにより $V_c$ が常に一定 $V_e$ になるように、従って、試料面よりの反射光45の強さが常に一定になるように、半導体レーザ光発生器20の入力が制御される。これにより始めて、対物レンズからの反射に影響されずに、試料からの反射光45を一定にすることができる。

上述の実施例では、レーザ光出力検知手段として、レーザ射出光43の一部をビームスプリッタ23で反射させてから光電素子50で検出しているが、半導体レーザの場合は、発生器20の後方

にもレーザ光が放出されるので、この光を検出する光電素子を設け、ここからの出力を使用しても同じ効果が得られる。

更に、レーザ光出力を検出する為に、レーザ射出光43の一部を光電素子で検出しなくとも、半導体レーザの場合には、印加電圧とレーザ射出光強度がほぼ比例するので、印加電圧を用いてレーザ光出力検知に代えてもよい。即ち、第6図において、半導体レーザ発生器20への印加電圧を $V_f$ とすると、半導体レーザ発生器はこれに比例したレーザ光43を射出し、対物レンズ26の表面でこれに比例した反射光44が生じ、光電素子41に、反射光44に比例した光46が到達する。光電素子41には試料よりの反射光45に比例した光47も到達する。光電素子41よりは光46, 47に対応する $V_b+V_c$ の出力を生ずる。 $V_f$ と $V_b$ は比例するので、比例定数を $k$ とすれば、

$$V_b = kV_f$$

となる。

そこで第6図に示すように $V_f$ を倍率 $k$ の増幅

器54に通し出力 $V_g$ を得れば、 $V_g=kV_f$ であるので $V_g=V_b$ になっている。これを第5図で説明したと同じ方法を用いて差動増幅器52に通せば、差動増幅器52からの出力は $V_c$ になり、 $V_c$ と一定電圧値 $V_0$ を差動増幅器53に入力し、その出力により半導体レーザ発生器20の入力が制御される。即ち、 $V_c$ が一定になるように制御され、試料からの反射光45を一定にすることができる。

以上の実施例ではレーザ光源として半導体レーザを用いた場合について説明したが、第7図に示すように、レーザ光源として、例えばHe-Neレーザ発振器55の如く一定出力56のレーザ発振器を使用した場合には、レーザ出力光路の途中に、レーザ光の強度を高速に変化させることの出来る変調器57、例えばAO変調器（音響光変調器）、EO変調器（電子光変調器）、を挿入すれば、これに制御信号59を加えることにより、半導体レーザと全く同様に強度の変化した光58を得ることができる。

従来は反射率の極めて小さい試料では、試料

からの反射光より対物レンズからの反射率の方が大になり、光学的に焦点位置を自動検出することができなかった。本発明の装置により、試料の反射率が0.1%以下のものでも光学式自動焦点合せが可能となった。

今後、超微細パターンの高解像度検出のために、試料と対物レンズを油中に浸す場合が多くなるが、この場合には試料からの反射光が極度に低下する。この場合には本発明の装置によらなければ、自動焦点合せは不可能に近いため、本発明の装置の重要性は益々大になる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は光学系拡大観察装置の自動焦点合せ装置の原理説明図、第2図(4)、(5)は試料面からの反射光を入力する光電素子の出力波形図、第3図は従来の自動焦点合せ装置の一例の構成図、第4図は第3図の装置の問題点の説明図、第5図及び第6図は本発明の自動焦点合せ装置のそれぞれ異なる実施例の構成図、第7図は本発明の装置の他の実施例の部分ブロック図である。

- 1 … レーザ光、
- 2 … 凹レンズ、
- 3 … 半透鏡、
- 4, 5 … 試料面、
- 6, 26 … 対物レンズ、
- 9, 32 … ビンホール、
- 10, 33 … 光電素子、
- 20 … レーザ発生器、
- 23 … 偏光ビームスプリッタ、
- 25 … 反射鏡、
- 30 … ビームスプリッタ、
- 41 … 第2の光電素子、50 … 第3の光電素子、
- 51, 54 … 増幅器、
- 52, 53 … 差動増幅器。

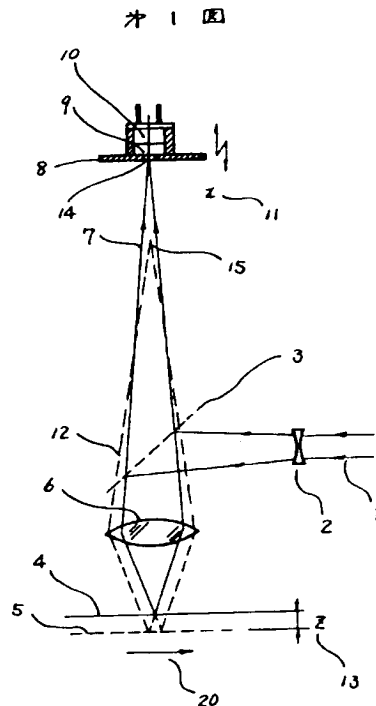
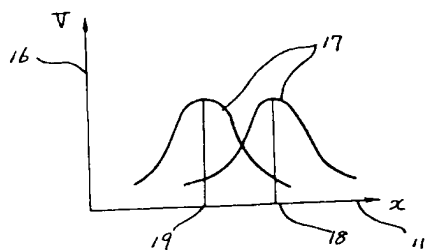


図 2

(A)



(B)

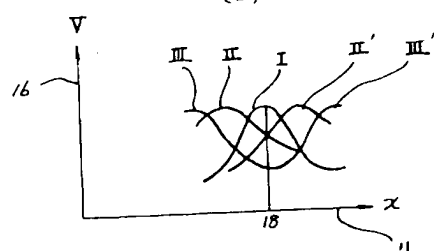


図 3

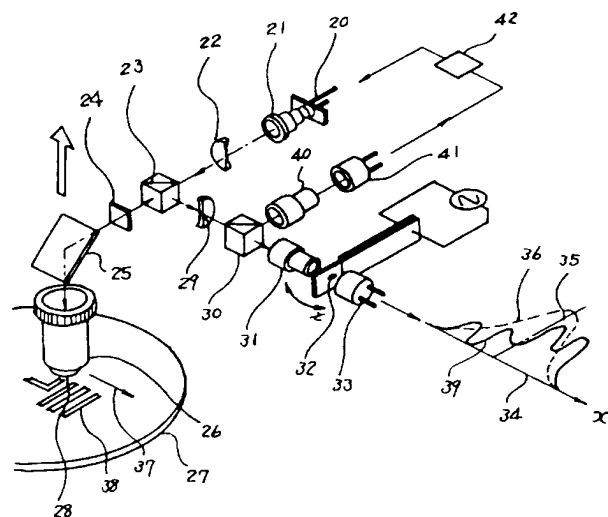


図 4

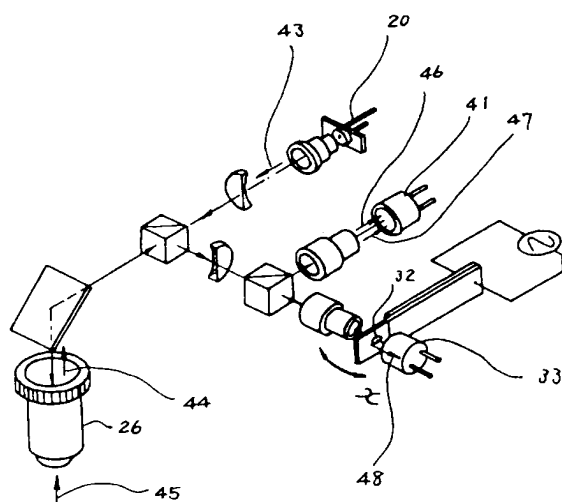


図 5

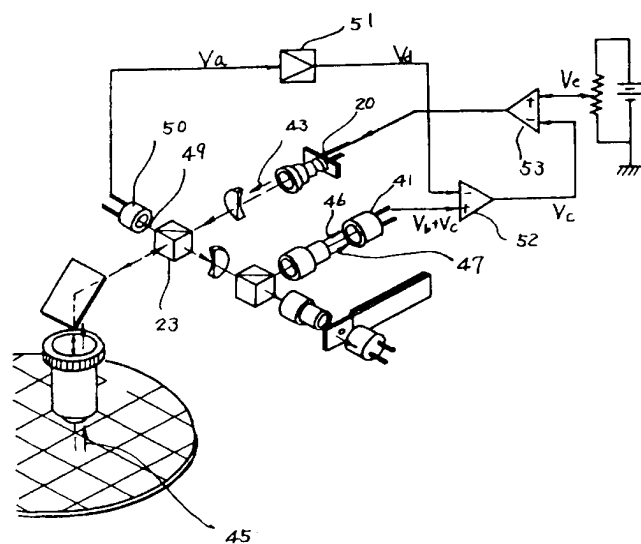


図6

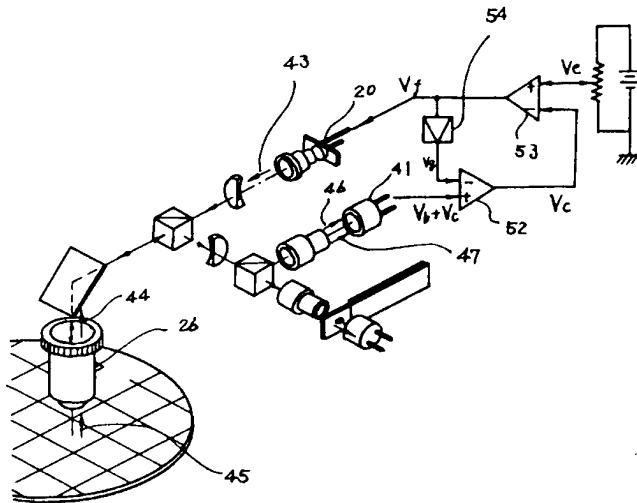


図7

